

Автор выражает признательность Украинскому Государственному Фонду Фундаментальных Исследований за финансовую поддержку настоящей работы (грант "ДФФД-РФФИ-2009" № Ф28.3/030 по договору Ф28/252-2009; I-7-09).

Список литературы: 1. *Xiwan Q.I.* Electric conductivity and permeability of modified cerium oxides / [Q.I. Xiwan, Y.S. Lin, C.T. Holt, S.L. Swartz] // J. Mater. Sci. – 2003. – Vol. 38. – P. 1073 – 1079. 2. *Yen-Pei Fu.* Preparation and characterization of $\text{Ce}_{0.8}\text{M}_{0.2}\text{O}_{2-\delta}$ (M=Y, Gd, Sm, Nd, La) solid electrolyte materials for solid oxide fuel cells / *Yen-Pei Fu, Sih-Hong Chen, Jyun-Jyun Huang* // International Journal of hydrogen energy – 2010 – Vol. 35. – 745 – 752. 3. *Dudek Magdalena.* Ceramic oxide electrolytes based on CeO_2 – Preparation, properties and possibility of application to electrochemical devices / *Magdalena Dudek* // Journal of the European Ceramic Society. – 2008. – № 28. – P. 965 – 970. 4. *Tianshu Zhang.* Ionic conductivity in the $\text{CeO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$ system ($0.05 \leq \text{Gd} / \text{Ce} \leq 0.4$) prepared by oxalate coprecipitation / [Zhang Tianshu, Peter Hing, Haitao Huang, J. Kilner] // Solid State Ionics. – 2002. – Vol. 148. – P. 567 – 573. 5. *Stelzer N.* Phase Diagram of Nonstoichiometric 10 mol % Gd_2O_3 -Doped Cerium Oxide Determined from Specific Heat Measurements / *N. Stelzer, J. Nölting, I. Riess* // Journal of Solid State Chemistry. – 1995. – Vol. 117. – Iss. 2. – P. 392 – 397. 6. *Grover V.* Phase relations, lattice thermal expansion in $\text{CeO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$ system, and stabilization of cubic gadolinia / *V. Grover, A.K. Tyagi* // Materials Research Bulletin. – 2004. – Vol. 39. – P. 859 – 866. 7. *Корниенко О.А.* Взаимодействие и свойства фаз в системе $\text{CeO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$ при 1500 °C / *О.А. Корниенко* // Вестник НТУ «ХПИ» – 2009. – № 45. – С. 86 – 90. 8. *Traverse J.P.* Etude du Polymorphisme des sesquioxides de terres rares / *J.P. Traverse.* – Grenoble: These, 1971. – 150 p.

Поступила в редколлегию 5.07.10

УДК 531.31.01.85

Д.Ю. КОСТРОМИЦКИЙ, аспирант, **Э.П. ЛЕВЧЕНКО**, канд. техн. наук, зав. кафедрой, ДонГТУ, г. Алчевск, Украина

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ С ОБРАБОТКОЙ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ STATISTICA

Наведені результати теоретичних досліджень, описання багатофакторного експерименту з подальшої математичної обробки результатів, відомими методами математичної статистики. Обробка даних двох-факторного експерименту у системі *STATISTICA*.

Results of theoretical investigations, description of complex experiment from further mathematical processing of results with the help of well-known methods of mathematical statistics are given. Data processing of bifactorial experiment in the system *STATISTICA*.

При использовании дробильно-измельчительных машин в различных областях промышленности, приоритетным направлением является снижение энергозатрат на переработку материала и повышение качества готового продукта [1].

Исследование технологического процесса дробления аглоспека обычными методами практически неосуществимо, так как вмешательство в непрерывный процесс агломерации и в целом выплавки металла не представляется возможным по причинам экономического характера, обусловленными значительными объемами производства и потерями из-за его остановки для проведения экспериментов [2].

Значительная роль в оптимизации процесса разрушения агломерата отводится теоретическим методам исследований, например, моделированию с последующей апробацией полученных результатов в реально действующем производстве [3].

Для минимизации потерь возможно применение многофакторных исследований с последующей математической обработкой результатов известными методами математической статистики [2].

Определение удельных затрат энергии на разрушение аглопирога.

Зависимость удельной работы на единицу массы дробленного аглопирога $\Pi_{др}$ от размера зазора колосников дробилки h и подачи материала в дробильную камеру q задается формулой: $q = G/t$, где G – масса дробленного аглопирога, (кг); t – продолжительность дробления (с).

В общем виде зависимость удельной работы записывается так $\Pi_{др} = f(h; q)$.

Предполагая, что $\Pi_{др}$ линейно зависит от факторов процесса, экспериментальные данные можно выразить в виде уравнения регрессии, в котором помимо линейных членов присутствует член, учитывающий эффект парного межфакторного взаимодействия [4]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 \quad (1)$$

где y – значение выхода (т.е. $\Pi_{др}$); x_1, x_2 – кодированные значения факторов; b_0, b_1, b_2, b_{12} – коэффициенты уравнения регрессии, рассчитываемые по экспериментальным данным.

Необходимо задаться уровнями (верхний уровень – “+1”, нижний “–1”) и интервалами варьирования факторов в эксперименте (табл. 1).

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
	-1	0	+1	
$h = x_1, \text{ м}$	0,15	0,18	0,21	0,3
$q = x_2, \text{ кг/с}$	45,6	55,6	65,6	10

Затем составляется план эксперимента (табл. 2).

Таблица 2

План полнофакторного эксперимента для двух факторов

№ опыта	x_1	x_2	$x_1 x_2$	№ повт.	λ	$P, \text{ кВт}$	$y_i, \text{ Вт·с/кг}$
1	-1	-1	+1	1	9,5	3,01	6,948
				2	9,47	3,1	7,178
				3	9,61	3,05	6,96
2	-1	+1	-1	1	9,5	3,2	5,134
				2	9,71	3,1	4,866
				3	9,47	3,15	5,07
3	+1	-1	-1	1	12,1	2,5	4,53
				2	12,07	2,45	4,451
				3	12,15	2,55	4,602
4	+1	+1	+1	1	12,07	2,8	3,536
				2	12,05	2,74	3,466
				3	12,1	2,81	3,54

В первом опыте устанавливаются колосники с зазором (-1) и задается подача (-1).

Во втором опыте колосники с зазором (-1), а подача (+1) и т.д.

Повторность каждого опыта 3-х кратная ($m = 3$).

Опыты проводятся в случайном порядке.

По каждому опыту рассчитывается среднее значение выхода:

$$y_{i\text{cp}} = y_{i1} + y_{i2} + y_{i3} / m.$$

Значение выхода y_i рассчитывается по следующей формуле [4]:

$$y_i = P/q \cdot \lambda \quad (2)$$

где P – значение мощности расходуемой на дробления аглопирога, кВт;
 q – секундная подача аглопирога, кг/с; λ – степень дробления.

С более подробным и полным описанием многофакторного эксперимента, можно ознакомиться в соответствующей литературе [4, 5, 6].

Обработка экспериментальных данных в системе STATISTICA. Создаем файл данных, в котором будет проводиться расчет. Для этого в ячейки столбцов, вводятся кодированные значения варьируемых факторов (табл. 1, значения $x_1, x_2, y_{i1}, y_{i2}, y_{i3}$).

Система STATISTICA позволяет достаточно быстро определить такие статистические параметры, как *среднее значение, стандартное отклонение и т.д.* Выделяем блок значений, столбцы $Y1, Y2, Y3$, затем команду – **Блочные статистики/По строкам/Среднее**. Появится дополнительный столбец, средние величины значений (т.е. $y_{i\text{cp}}$), подсчитанные по строкам (рис.1).

	1 X1	2 X2	3 Y1	4 Y2	5 Y3	6 Ср.пер. 3-5
1	-1,000	-1,000	6,948	7,178	6,960	7,0287
2	1,000	-1,000	5,134	4,866	5,070	5,0233
3	-1,000	1,000	4,530	4,451	4,602	4,5277
4	1,000	1,000	3,536	3,466	3,540	3,5140
5						

Рис. 1. Результаты расчета средней величины

Определение коэффициентов уравнения регрессии. Выбираем статистический модуль, затем *Углубленный метод анализа/Нелинейное оценивание*. Затем метод *Регрессия пользователя – произвольная функция потерь*. В этом окне (рис. 2), задаем оцениваемую функцию (записать уравнение (1)), заменяя переменные y, x_1, x_2 буквами V6, V1, V2 соответственно. После чего, нажимая **ОК**, возвращаемся в предыдущее окно.

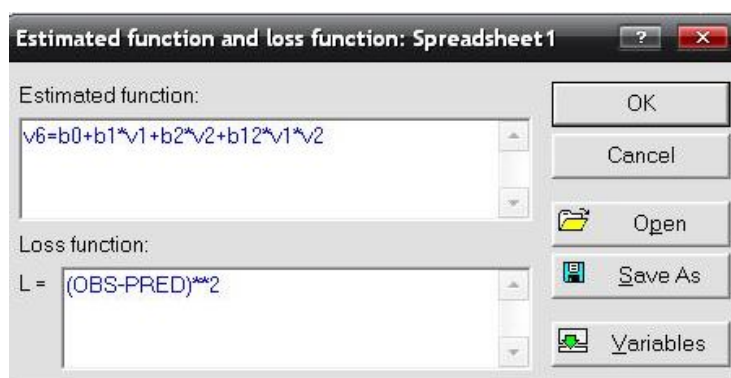


Рис. 2. Параметрическое задание оцениваемой функции

Затем еще раз нажимаем **ОК**, появится окно **Оценивание модели**, выбираем **Квази-Ньютоновский метод**, нажмем **ОК**. В появившемся окне можно наблюдать за вычислениями. После этого, нажимаем **ОК**, и откроется окно **Результаты**. В данном окне нажимаем **ОК** появляется окно, в котором представлены значения оцениваемых параметров – b_0 , b_1 , b_2 , b_{12} – коэффициентов регрессии (рис. 3).

Workbook1*		Model: v6=b0+b1*v1+b2*v2+b12*v1*v2 (Spreadsheet1)				
Nonlinear Estimation (Spre		Dep. var: Cp.неп. 3-5 Loss: (OBS-PRED)**2				
Nonlinear estimation res		Final loss: 0,000000000 R=1,0000 Variance explained: 100,00%				
Model: v6=b0+b1*v1		b0	b1	b2	b12	
N=4						
Estimate		5,023417	-0,754750	-1,00258	0,247917	

Рис. 3. Окно с полученными значениями коэффициентов регрессии

После этого возможно просмотреть полученные результаты в **графическом виде**. Для этого нажимаем кнопку **Подробнее**, расположенную в **Окне результатов оценивания функции**. В этом окне нажимаем кнопку **Построение 3D графиков**.

Появится графическое изображение исследуемой функции (рис. 4).

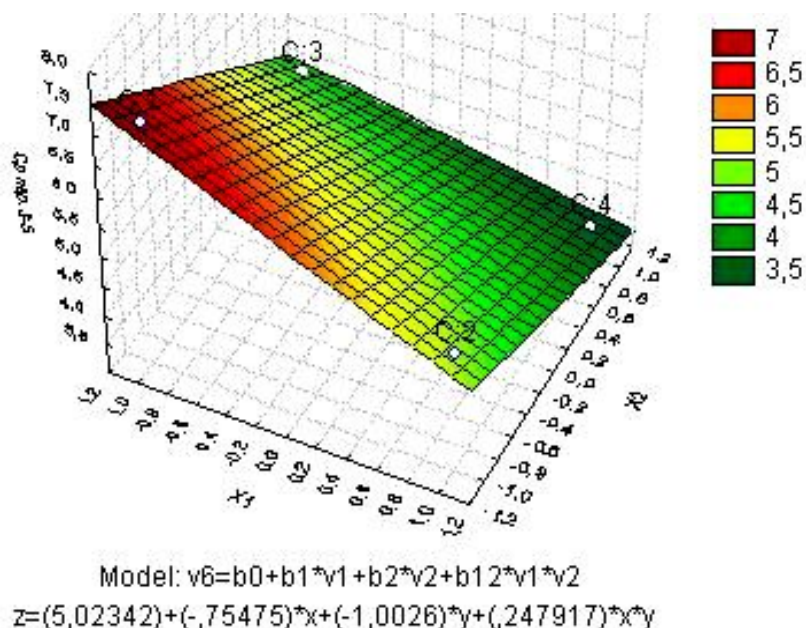


Рис. 4. График рассчитанного уравнения регрессии

Выводы.

При обработке экспериментальных данных в системе **STATISTICA**, необходимо лишь задаться:

- уравнением регрессии; уровнями и интервалами варьирования факторов в эксперименте;
- составить план эксперимента и рассчитать значение выхода y_i , формула (2).

Что значительно упрощает (делает безошибочным) и ускоряет процесс расчета планирования эксперимента.

По полученным графическим зависимостям в системе **STATISTICA**, можно выполнить анализ проведенных исследований и сделать соответствующие выводы.

Возможно решение следующих задач [2]:

- математическое моделирование процесса дробления агломерата;
- получение зависимостей, отображающих влияние разных факторов на технико – экономические характеристики получения агломерата;
- оптимизация параметров технологического процесса дробления; усовершенствование параметров рабочей зоны дробилки.

Список литературы: 1. Левченко Э.П. Моделирование параметров центробежно-ударной дробильно-измельчительной машины. / Э.П. Левченко // *Машинознавство і деталі машин: 7-ої регіональної научно-методичної конференції: матеріали.* – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – С. 37 – 38. 2. Левченко О.А. Проблемы дробления и моделирования процесса дробления горячего агломерата / О.А. Левченко // *Сборник научных трудов ДонГТУ.* – 2005. – Вып 19. – С. 178 – 186. 3. Левченко О.А. Перспективы управления качеством дробного агломерата / О.А. Левченко // *Машинознавство і деталі машин: 7-ої регіональної научно-методичної конференції: матеріали.* – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – С. 36 – 37. 4. Механизация и технология животноводства: методические указания лабораторной работе. – Барнаул: АГАУ, 2009. – 28 с. 5. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – Л.: Колос, Ленингр. отделение, 1960. – 168 с. 6. Славутский Л.А. Основы регистрации данных и планирования эксперимента: учебное пособие / Л.А. Славутский/ – Чебоксары: Изд-во ЧГУ, 2006. – 200 с.

Поступила в редколлегию 15.06.10